

00697041 **Image available**
ALIGNMENT STAGE FOR STEP AND REPEAT EXPOSURE

PUB. NO.: 56-017341 A]
PUBLISHED: February 19, 1981 (19810219)
INVENTOR(s): KINOSHITA HIROO
KANAI MUNENORI
SAITO TADAO
YOSHIDA KAZUE
YAMAZAKI SHINICHI
APPLICANT(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> [000422] (A Japanese
Company or Corporation), JP (Japan)
APPL. NO.: 54-092625 [JP 7992625]
FILED: July 23, 1979 (19790723)
INTL CLASS: [3] G03B-027/42; H01J-009/00
JAPIO CLASS: 29.1 (PRECISION INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography);
42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 42.3
(ELECTRONICS -- Electron Tubes)
JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS); R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES);
R094 (ELECTRIC POWER -- Linear Motors)
JOURNAL: Section: P, Section No. 60, Vol. 05, No. 69, Pg. 11, May 09,
1981 (19810509)

ABSTRACT

PURPOSE: To move a wafer at a high speed with high precision and also to position accurately a mask at a position where the wafer opposes by a wafer moving mechanism freely from mechanical friction and a fine-moving mechanism that makes fine adjustments of the position and direction of a mask pattern.

CONSTITUTION: Mutual intervals between traveling table 2 on which wafer 3 is mounted, and traveling body 4 which moves traveling table 2 back and forth and forth and traveling body 5 which moves traveling table 2 right and left are held by a static-pressure air bearing without any friction at all and traveling table 2 is held on surface plate 1 by the static-pressure air bearing on the reverse surface without contact. Further, internals between guides 6 guiding traveling bodies 4 and 5 and respective traveling bodies also constitute the static-pressure air bearing and each traveling body is driven by a linear motor without mechanical contact. Inside of mask holder 10 supported at a fixed position on surface plate 1, X and Y fine-moving mechanisms, Z fine-moving mechanism and .theta. fine-moving mechanism are provided, so that the position and direction of mask 9 can finely be adjusted.

S.N. 449,763

NG

BEST AVAILABLE COPY

① Int. Cl.² 301 Z-7376-5F
H 01 L 21/30 X-9207-3C
G 03 F 7/20 311 C-7375-5F
H 01 L 21/30 K-7168-5F
21/58

② 公 告 昭和 63 年 (1988) 4 月 25 日

発明の枚数 (全 6 頁)

③ 発明の名称 スタフアンドレビット 近光用アライメントステージ

④ 特 許 第 54-92825

⑤ 公 開 第 56-17341

⑥ 出 願 第 54(1979) 7 月 23 日

⑦ 発 明 (1981) 2 月 19 日

⑧ 発 明 者 木 下 博 通 東京都東大和市田町 3 丁目 9 番 11 号 日本電信電話公社大
阪野電気通信研究所内
⑨ 発 明 者 金 井 秀 明 東京都東大和市田町 3 丁目 9 番 11 号 日本電信電話公社大
阪野電気通信研究所内
⑩ 発 明 者 斎 藤 忠 男 東京都東大和市田町 3 丁目 9 番 11 号 日本電信電話公社大
阪野電気通信研究所内
⑪ 発 明 者 西 田 和 浩 東京都東大和市田町 3 丁目 9 番 11 号 日本電信電話公社大
阪野電気通信研究所内
⑫ 発 明 者 山 崎 秀 一 東京都東大和市田町 3 丁目 9 番 11 号 日本電信電話公社大
阪野電気通信研究所内
⑬ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区千代田 1 丁目 1 番 6 号
⑭ 代 理 人 弁護士 角田 仁之助
参 照 官 松 本 隆 典

⑭ 特許請求の範囲

1 互に平行な対向する 2 平面からなる室内面を有し、1 対の平行な円筒ガイドからなる静電気体絶縁に覆われた移動体を、移動ガイドのガイドを上記円筒面静電気体絶縁と共通にしたリニヤモータにより非接触に駆動する送り機構と、駆送り機構に駆動する他の同一構造の送り機構と、各送り機構を非接触に駆動させ、その非接触中央部に、これとは別に加工精度の良い定路上を矩形平面の静電気体絶縁によって非として、互に平行な平面の移動体を駆動し、駆動機構の側面に設けられた矩形平面の静電気体絶縁によって、非接触に近接して設け、上記送り機構の駆動に伴って定路上を駆動する 2 方向に移動するコネクタ機構と、コネクタ機構の上部に設けられて、これ、コネクタ機構の 2 つの移動方向と垂直な方向に微小量移動する X・Y 駆動機構と、これ、に垂直する Z 駆動機構と、X・Y 駆動方向の平面

内で微小量移動する Z 駆動機構を有するマスクホルダとから構成されることを特徴とするスタフアンドレビット近光用アライメントステージ。
2 X・Y 駆動機構、Z 駆動機構、θ 駆動機構の全部又は 1 部をウェハ移動機構の移動台側にもうけ、マスクホルダ側の駆動機構の全部又は 1 部をとり除いた特許請求の範囲第 1 項記載のスタフアンドレビット近光用アライメントステージ。
3 X・Y 駆動機構として、その一方側には 1 個の駆動素子を、他の一方側には平行する 2 個の駆動素子を配設し、該平行する 2 個の駆動素子に互に異なる電圧を印加することにより、θ 駆動を可能ならしめる θ 駆動機構をとり除いた特許請求の範囲第 1 項または第 2 項記載のスタフアンドレビット近光用アライメントステージ。
4 Z 駆動機構として、Z 駆動方向に垂直な平面に外周を固定した環状駆動機構を配設し、環状駆動機構の内周には 3 個の分離された駆動電極コイル

せしめようとしたボビンを設け、別に固定された導電性回路と導電性の磁動コイルに流れる電流の磁束力によってボビンを2方向に移動させるとともに、その傾斜角をも微小変位させることを可能とした特許請求の範囲第1項または第2項記載のステップアンドレピート露光用アライメントステージ。

発明の詳細な説明

本発明は、IC等の半導体装置製造工程において、比較的複雑なマスクパターンを大口径ウェハ上にステップアンドレピート方式によって露光転写するため必要とされるウェハの高速移動ならびにマスク・ウェハ相対位置の高精度位置合わせを行なうアライメントステージに関するものである。

現在の半導体装置製造工程においてはウェハよりも大面積のマスクによって多数の同一パターンを露光転写する方法が用いられているが、転写すべきパターンの微細化とウェハの大口径化とによって、製造工程途中でのウェハ変形がもたらす転写パターンの局所的な位置ずれが問題となりつつあり、これに対処するためのステップアンドレピート方式による露光転写が研究されている。この方式ではウェハを高速度・高精度にステップ移動させるX・Yステージとマスクパターンをウェハの局部変形に応じて位置合わせする微動アライメント機構が必要である。X・Yステージは露光装置以外にも多く用いられる機構であるが、その多くは摩擦又はローラなどの原理を減少した接触式案内による1軸ステージの上にこれと直交する他の1軸ステージを重ねたもので、各軸の駆動にはボールねじなどの機械的駆動機構が用いられている。このため、高速移動時には移動に伴うステージの上下変動や音振りなどが増加され、高精度化が図せられず、加うるに機械的駆動による高速度化の限界、駆動時の振動、潤滑油によるウェハやマスクの汚染、ステイプクスリフ現象による停止精度の低下などをまねがれることが問題であった。また、接触式案内の欠点を除くものとして知られる空気などによる静圧軸受などの非接触式案内でも1軸ステージを重ねた方式では上側ステージの移動による重心変動の影響が位置低下をもたらすので下側ステージは接触式案内を用いるしかなかった。更にこれらのステージは、その上端

に設置すべきウェハとそれに対向して別に保持されるべきマスクの位置合わせについて考慮されておらず、ステップアンドレピート露光用アライメントステージとして満足すべきものは未だ見出されていなかった。

本発明はこれらの問題を解決するために、ウェハを搬送する移動台をX、Y、Z方向の静圧流体軸受により天々独立に案内するとともに駆動機構およびその案内をも非接触としたものであり、更にアライメントの目的に用いる各種方向の駆動機構を駆動し、ステップアンドレピート露光に適したアライメントステージを提供するものであって、以下図面について詳細に説明する。

第1図は本発明アライメントステージの一実施例の概要を示す一箇切欠正面図で、1は上面を稍歪しく平面に仕上げられた定盤、2はウェハ3を搬送した移動台で、その下面に形成された凹部11から吹き出す圧力を制御された空気などによる静圧流体軸受によって、定盤1に非接触で保持されている。

4は一方向（図では左右方向）に移動台2を移動させる移動体で、互に平行に対向する2平面からなる案内部（図では前面で示される）を有し、移動台2との間隙は移動台2の凹部11から吹き出す流体により定盤1と移動台2との間隙と同様に保持されている。5は他の一方向の移動体で、図において後面に、搬送方向に移動台2を移動させる。また移動体5の案内部（図で示されない）と移動台2の間隙も静圧流体軸受を形成している。6は移動台2を案内するガイドで、移動台2との間隙は円筒静圧流体軸受を形成している。7は移動台5の駆動用リニアモータの移動ワークで、コイル直により形成される。8は同じくリニアモータの固定ワークで、空気案内により形成される。そして各案内部を非接触に支え、その非接触中央部に固定移動台2を案内部に近接して保持し、コイル直（移動ワーク）7のガイド8を上記円筒静圧流体軸受と共通にしたリニアモータにより非接触に駆動せしめる送り機構によって移動台4及び5は定盤1上を直交する2方向に移動する。

このような構成であるため、移動台2の上下方向は定盤1のみによって規定され、移動台4又は5に上下方向の変位が生じても移動されることは

ない。9はマスク、10はマスクホルダであり、マスクホルダ10は固定しない支持機構で支持1との相対位置が変うないように支持され、また、その内部に設けられた透過するX・Y微動機構、Z微動機構、θ微動機構によりマスク9の位置ならびに方向を微調整することができるものである。マスク9の下面とウェハ3の上蓋は放電μm乃至数十μmのあらかじめ設定された距離に保持されることが必要であり、移動台2の上下運動の少ない本機構は有効である。第2図は第1図において電圧を説明したウェハ移動機構の更に詳細な一部切欠斜視図である。移動台2と移動体4および5との夫々の間隙は静圧流体軸受によって与えられ隙間は全く無いので、移動台2の移動は直交する各方向について全く独立であり相互干渉はない。本図の実施例におけるリニアモータは、移動ワーク（コイル線）7として平直状に導線を延びて巻かれたコイル、駆動ワーク8として夫々2本の対向した平直上の電極8aおよび8bを用いている。移動ワーク7のコイルの両端は夫々電極8aと8bとの境界の内に入っておりコイル電流を流すことにより任意の運動を行ない得る。電圧の制御は、制御器11を駆動しないレーザインタフェースモータにより位置制御し、この制御値と所要の位置との誤差から電圧によって与えられる。レーザインタフェースモータの高精度と、近年の高速度演算回路（特にマイクロコンピュータなどによる回路）の高精度から十分精度の高い制御が可能である。

第3図はリニアモータとしてリニアバルスモータを用いたときの実施例を示すものであるが、リニアバルスモータは公知の機構であるので説明を省略する。この場合には位置精度は低下するが制御が容易となる効果がある。位置精度は本機構によるウェハ移動機構には機械的誤差が全くないので、リニアバルスモータを使用したときの位置精度はリニアバルスモータの精度のみとなるものである。

第4図は第1図で説明を省略したX・Y微動機構、Z微動機構、θ微動機構の実施例の概要を示す分解斜視図、第5図は同じくその断面図、第6図は同じくX・Y微動機構、θ微動機構の動作を説明するための第5図におけるA-A断面図である。これらの図において、12は永久磁石13

（永5図参照）を含む磁気回路、14は導線を巻いたコイルボビン、15はコイルボビン14を覆える導体板、16はコイルボビンと導体板に導体板の内部で与えられる液体で作られた中空の円筒、17はマスク9を例えば真空吸着で保持するマスク保持部、18は延方向の伸縮が少なく、横方向には自由に伸び縮みする細い金属のワイヤ、19はワイヤ18を覆え、コイルボビン14の下側に固定された剛性の高い支持座、20、21、22は例えば円筒形の電圧素子で電圧を印加することにより円筒の軸方向に微小変位を与えるものである。電圧素子20、21、22の各一端は円筒16の下側に固定され、他の各一端は剛体板23、24、25を介してマスク保持部17へ接し、電圧素子20、21、22に対応するベネ26、27、28の弾力によって押しつけられている。このような構造となつてゐるため、固定しない電極面から精度よく制御された電圧がコイルボビン14の導線に印加されると電流によってコイルボビンが2方向に微小変位を、導体板15の弾力力と釣り合った位置で停止する。これによってマスク9のZ微動機構が与えられることは明らかである。このときX・Y方向には導体板15の剛性により動くことがない。つぎに電圧素子20に駆動しない別の電極から電圧が印加されるとマスク9はX方向に微動が与えられる。また電圧素子21、22に相互に等しい電圧が印加されるとマスク9はY方向に微動が与えられる。電圧素子21、22に大きさが相等しく極性の定む電圧が印加されるとマスク9にはθ微動が与えられる。なお、θ微動に伴ないX方向の動きも生ずるが、θの位置合わせをX・Yの位置合わせに先立つて行なうように動作させることによって全体の動作に支障を与えることはない。これらの微動機構は高さ2〜3mmのストロークで十分であり、通常よく知られている機械的な微動機構（例えばネジ送り）によることも出来る。また、これらの微動機構は先に述べた移動台2の上蓋に固定して、ウェハ3に微動を与えても位置合わせの目的が達せられることは明らかである。

つぎに第7図はZ微動機構の他の実施例の概要を示す分解斜視図、第8図は同じくその断面図で、コイルボビン29を固定するように3本の別々の電極30、31、32で構成し、永久磁石

33を含む電気回路34の内に設置したものである。また35は電圧変動係である。ここで電圧30、31、32は夫々同一の電圧を印加すれば第5図において説明したコイルボビン14と電気回路12の動作と全く同様にZ変動が得られる。また巻線30、31、32の各々に別々の電圧を印加すればコイルボビン29はZ軸に対して傾斜角が与えられ、マスク9にも傾斜角を与えることができる。この動作はマスク9に対向するウェハ3が局所的な変形などによって、その上面に傾斜角が生じている場合に、マスク9をウェハ3の表面と平行に位置するのにも有効である。

以上説明したX・Y変動、θ変動、Z変動およびZ方向の傾斜角変動は、位置合わせ検出装置が非接触ヤップ検出器によってマスクとそれに対向するウェハの局所的な表面の空間的位置差を検出信号によって位置に反映されるものであり、これらの検出器は既に公知であるので説明は省略する。

以上説明したように、本発明によれば、ウェハを高速度、高精度に移動させることが可能であり、しかもマスクをウェハの対向する部分に高精度に空間的位置合わせを行なうことが可能となり、例えばウェハに局所的な変形があつても、ウェハの各部分部分については高精度に位置合わせが可能である。このため大口径のウェハにも効率的なパターンの露光露写を行なうことができる。しかもウェ

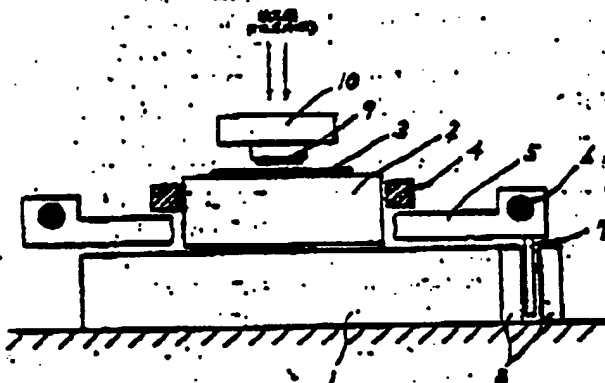
ハ移動時間、位置合わせ時間の短かい優れたステップアンドレピート露光装置を実現できるものである。

図面の簡単な説明

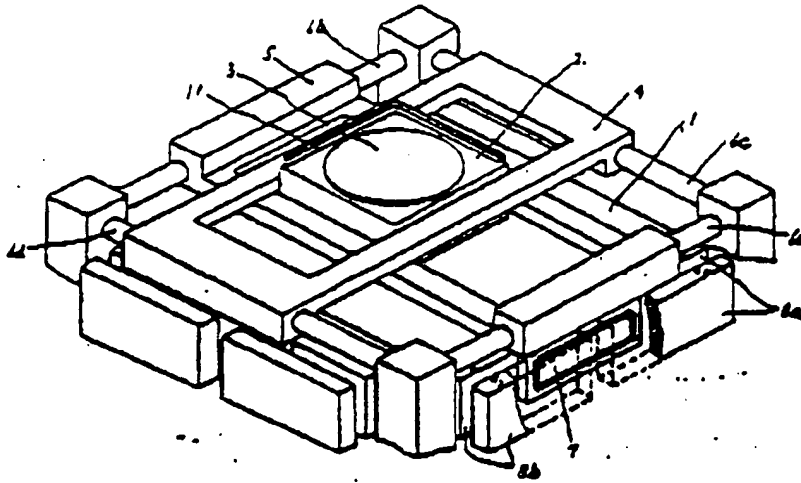
第1図は本発明アライメントステージの一実施例の概要を示す一部切欠正面図、第2図は第1図のウェハ移動機構の詳細な一部切欠斜視図、第3図は第2図のリニアモータを別な形式とした一部切欠斜視図、第4図は第1図のマスクホルダに送達される変動機構を示す分解斜視図、第5図は第4図の横断断面図、第6図は第5図のA-A断面図、第7図は第4図のZ変動機構の他の実施例を示す分解斜視図、第8図は第7図の横断断面図である。

1——定盤、2——移動台、3——ウェハ、4、5——移動体、6——ガイド、7——リニアモータの移動マーク、8——リニアモータの固定マーク、9——マスク、10——マスクホルダ、11——L形スライダ、12——電気回路、13——永久磁石、14——コイルボビン、15——電圧変動係、16——半導体、17——マスク保持部、18——ワイヤ、19——支持板、20、21、22——電線端子、23、24、25——固定部、26、27、28——ベース、29——コイルボビン、30、31、32——巻線、33——永久磁石、34——電気回路、35——電圧変動係。

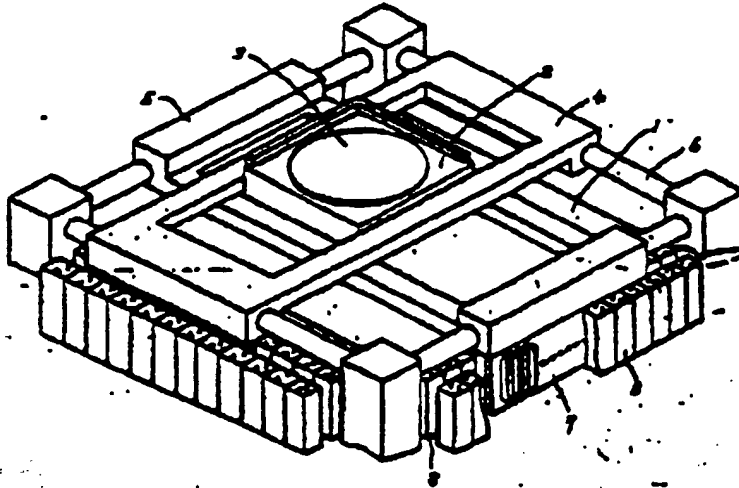
第1図



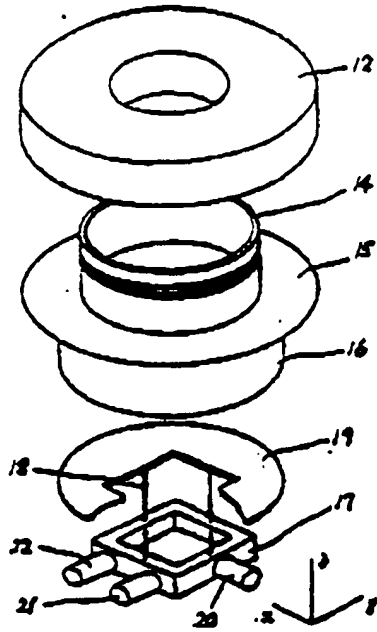
第2圖



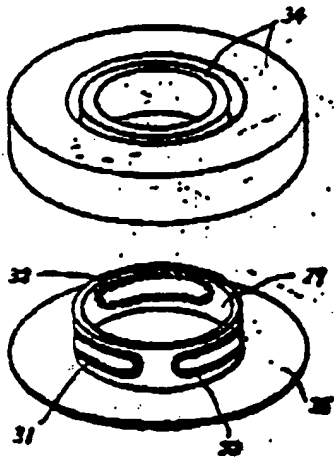
第3圖



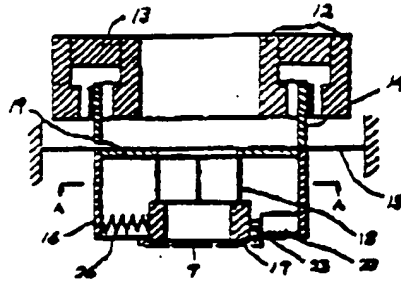
第4图



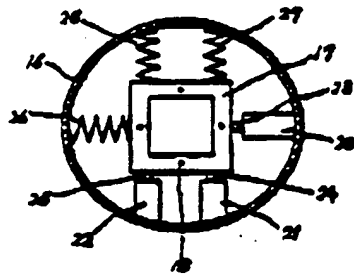
第7图



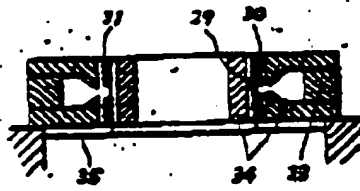
第5图



第6图



第8图



Precision X-Y Stage with a Piezo-driven Fine-table*

Shigeo MORIYAMA,** Tatsuo HARADA** and Akihiro TAKANASHI**

A precision X-Y stage has been developed for step and repeat lithography systems, such as optical reduction projection aligners and electron-beam exposure systems. To achieve fast and accurate positioning, the stage incorporates a dual-stage system consisting of coarse and fine tables. The coarse table has a unique mechanical structure utilizing a PTFE slide-bearing guide. To reduce the moving mass of a table, it is designed that only a table moves on an X-Y plane. The table is driven by DC servomotors and ball-screws. These X and Y-axis drive mechanisms are both fixed to the same base. The coarse table achieves a maximum velocity of 100mm/s, and can be positioned with 5 μ m accuracy. The fine table is driven by three piezo-electric actuators, and moves precisely along the X, Y, and θ -axes so as to correct for X and Y-axis positioning errors and yaw due to the coarse table. Positioning of the tables is carried out with a closed-loop control system using a Z-axis (X, Y and yaw) laser interferometer measurement system. The new precision X-Y stage achieves a positioning accuracy of $\pm 0.05\mu$ m, a yaw of less than 1 μ rad, and a 200ms move time for a 10mm step.

Key words: X-Y stage, lithography systems, precise positioning, piezo-electric actuators, laser interferometer control

1. Introduction

Micro-lithography systems, such as reduction projection aligners or an electron-beam exposure systems, are becoming very important in semiconductor production. In such systems, a precision X-Y stage is used for stepping the work-piece, and is a key component in that it determines the total performance of the system. Thus, in order to realize higher precision and higher throughput in a given system, the stage must achieve high-speed performance with a positioning accuracy of more than $\pm 0.1\mu$ m. This paper presents a newly developed step and repeat type X-Y stage consisting of a coarse- and piezo-driven fine-table. The stage system architecture is presented along with some system evaluation results.

2. Mechanical construction

The mechanical construction of the newly developed X-Y stage is shown in Fig.1. It consists of a coarse-table having a positioning accuracy of $\pm 5\mu$ m for 120mm \times 120mm travels, and a fine XY θ table mounted on the coarse-table to correct for positioning errors due to the coarse-table. The fine table has a motion range of $\pm 9\mu$ m, and can rotate as much as 160 μ rad.

2.1 Coarse-table

The coarse-table uses a unique, light weight X-Y structure to achieve high-speed positioning. A straight guide groove is formed in the center of a base along the X-axis, and a cross-plate slides along this groove. A guide rail is laid on the cross-plate along the Y-axis. The coarse-table rests on the base on its own four corners. A PTFE-sheet is affixed to each part of the cross-plate which contacts to the base, so the table can slide without the need for any additional lubrication.

Each X- and Y-axis drive mechanism consists of a DC servo motor and a

* Received 7th July, 1987 in Japanese and 4th February, 1987 in English.

** Central Research Laboratory, Hitachi Ltd. 1-280 Koigakubo, Kokubunji, Tokyo 185

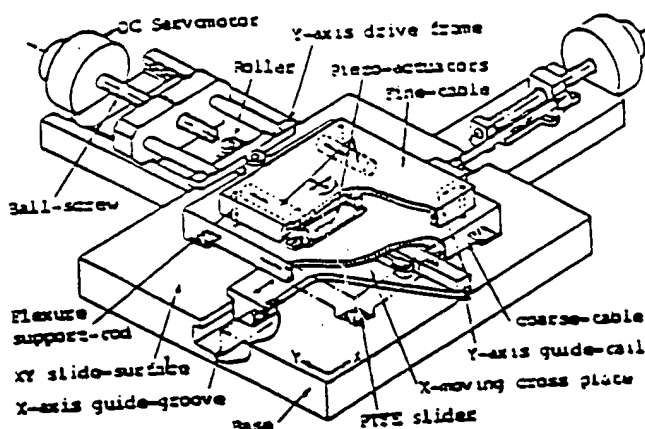


Fig. 1 Mechanical construction

ball-screw. X-axis rectilinear motion of the ball-nut is transmitted directly to the cross-plate by a long rod. Along the Y-axis, the ball-nut is fastened to a linearly guided carriage on which a drive frame is supported. Since the frame is coupled to two rollers on the top-table, rectilinear motion of the ball-nut is transmitted to the coarse-table.

The two rollers are set with a pre-load to clamp the frame. This load should be determined by taking into consideration the mass of the table, maximum acceleration, and friction of sliding guide. This problem, as well as a kinematic analysis of the coarse-table, has been discussed in another paper.³⁾

As a result, the dimensions of the prototype stage were determined as follows:

- Mass of the table (including fine table) : 2.8kg
- Pre-load for rollers : 36N.
- Allowable acceleration : 0.5G.
- Friction coefficient : 0.2.

2.2 Fine table

The fine table is mounted on the coarse-table with four flexure rods (Fig. 3), and is driven by three piezo-actuators placed in the plane (Fig. 2). Each end of the piezo-actuator has flexure hinges. One end is fastened to the coarse-table and another end is fastened to the fine-table (shown as a triangle in Fig. 2).

Each displacement Δy_1 and Δy_2 with actuator P_{y1} and P_{y2} , respectively, causes fine-table rotation with an angle of $(\Delta y_1 - \Delta y_2)/L$, and a displacement as much as $(\Delta y_1 + \Delta y_2)/2$. On the other hand, displacement Δx of the actuator P_x causes fine-table parallel movement, where the pair of

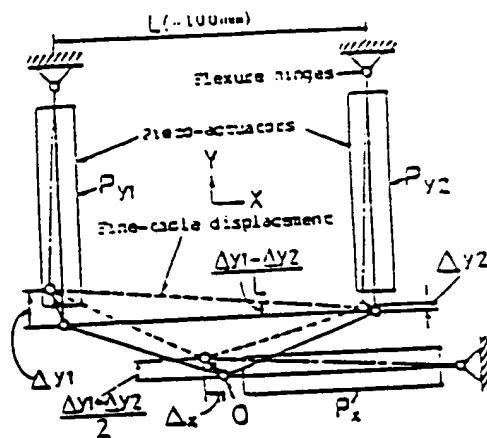


Fig. 2 XYθ-movement using three piezo-actuators

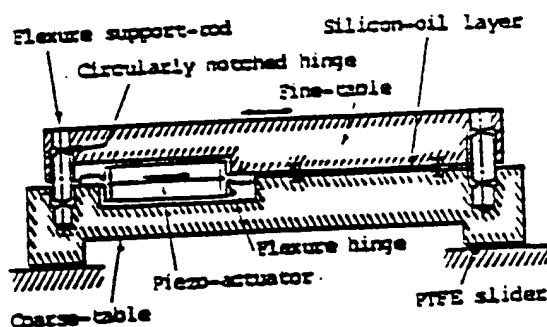


Fig. 3 Construction of fine- and coarse-table

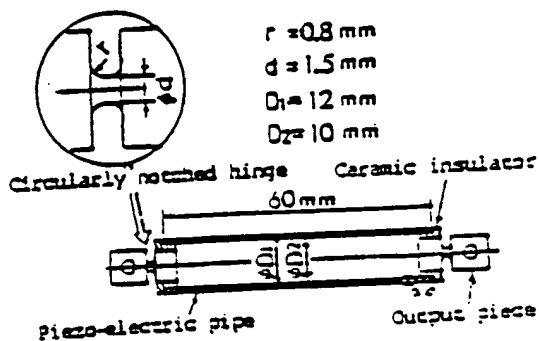


Fig. 4 Piezo-electric actuator

actuators P_{y1} and P_{y2} acts as a parallel spring guide. Hence, the fine-table can move along the X, Y, θ axes independently by supplying suitable drive signal to each piezo-actuator.

As shown in Fig. 4, the actuator consists of a piezo electric pipe and two output terminals having circularly notched hinges. Actuation takes place over a distance as great as 18 μ m when a voltage of 500V is applied. A bias voltage of 300V is usually applied to the piezo. This allows actuation of \pm 5 μ m around this home position.

3. Control system

Positioning control of the coarse- and the fine-table are carried out with a closed-loop system that utilizes a 3-axis (X, Y and Yaw) laser interferometer. The optical arrangement of the laser interferometer is shown in Fig. 5. The plane mirror on the fine-table is made of silica glass, and its flatness is $\lambda/20$. Yaw is measured with a parallel-path inner interferometer. The distance between the parallel beams is 25mm, so, yaw error is measured with a resolution of 0.2 μ rad. The block diagram of the control system is shown in Fig. 6. The system consists basically of a coarse-table servo circuit, fine-table servo circuit, and a mini-computer system to supervise the control sequences.

The laser interferometer measures the table position with a resolution of $\lambda/40$ ($\approx 0.016\mu$ m), and compares it to the destination loaded by the computer. The digitally calculated position error is converted to an analog signal by a D/A converter. The error signal drives the servo-motor, and moves the table at a maximum velocity of 100mm/s. When the table arrives at a point 2mm from the destination, it begins to decelerate smoothly along the deceleration curve, and finally is positioned within $\pm 5\mu$ m of the destination.

Prior to coarse-table positioning, the fine-table is set at its center of travel. As soon as the coarse positioning is completed, fine positioning is carried out using the three piezo-actuators. The Y-axis error signal is fed to the piezo-actuators Py1 and Py2 using opposite phase signals.

Selection of control mode for coarse or fine positioning and other sequences are supervised by the mini-computer. The fine positioning control ceases during coarse positioning, however, yaw error correction is carried out continuously.

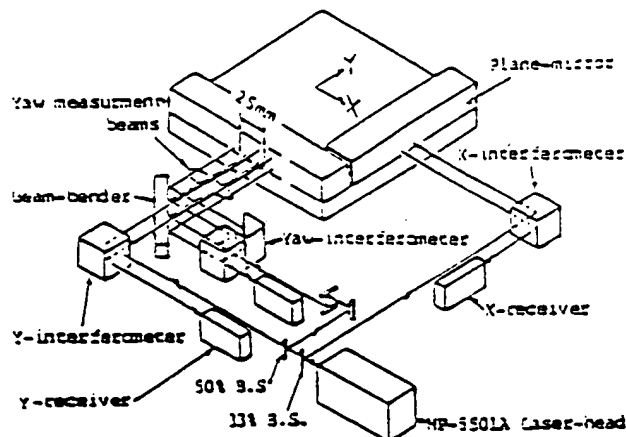


Fig. 5 Laser interferometer setup

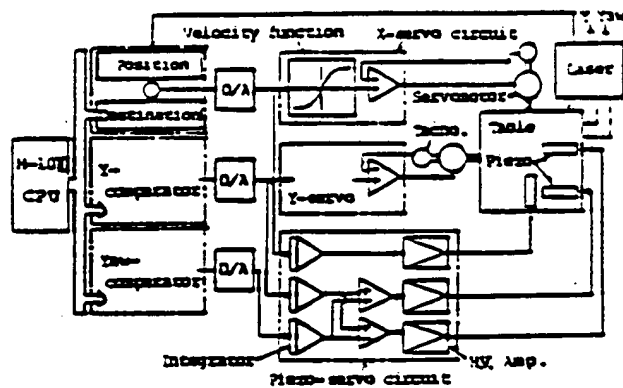


Fig. 6 Control system block diagram

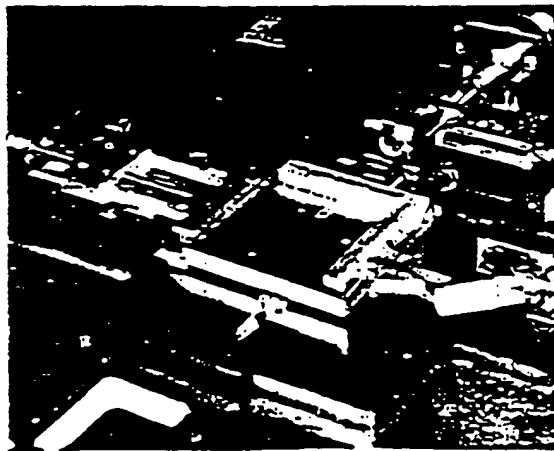


Fig. 7 External view of the prototype stage

4. Evaluation and discussion

A prototype stage was constructed, and its mechanical guiding accuracy and positioning performance were evaluated. Fig. 7 shows an external view of the prototype stage.

4.1 Mechanical guiding accuracy

Yaw during stage travel is shown in Fig. 8. Fig. 8(a) shows a measured result without piezo correction, while Fig. 8(b) shows the results with correction. Without correction, this error exceeds 30 μ rad. However, this error can be reduced to less than $\pm 0.2 \mu$ rad when correction control is carried out. The straightness error during stage travel is shown in Fig. 9. The straightness error with the coarse-table (see Fig. 9(a)) is rather large in the X-axis table. The error changes in a step-like manner during travel, reaching 4 μ m at peak error. This error is not caused by irregularities in the X-axis groove guide, but rather by figure error of the Y-axis drive frame and rollers (see Fig. 1).

However, piezo correction can reduce this error to less than $\pm 0.02 \mu$ m. These measured results demonstrate that the piezo driven fine-table has a resolution capability of 0.02 μ m. This performance is achieved by adopting a flexure hinge guide where dry-friction can be neglected.

4.2 Positioning performance

The temporal response for position and velocity in a 10mm step is shown in Fig. 10. The velocity signal was produced by Z/V conversion of the UP/DOWN pulses in the laser measurement system. Fig. 10(a) shows the velocity response of the coarse-table. The table is accelerated to its 100mm/s maximum velocity in 40ms. After full speed movement for 50ms, the table begins to decelerate linearly. Finally, coarse-table positioning is completed 160ms after the start was triggered. Fine table positioning is then begun, and positioning for both X- and Y-steps is completed within 10ms with an accuracy of $\pm 0.02 \mu$ m. The time needed for fine-table positioning depends on correction distance. Even in the worst case, the prototype stage can complete corrections in less than 20ms.

Positioning error and yaw error distributions are shown in Fig. 11. These data were obtained from 1000 trials with 10mm steps. Positioning error is less than

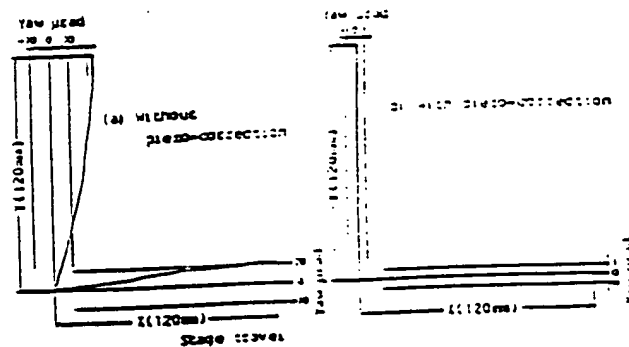


Fig. 8 Yaw during stage travel

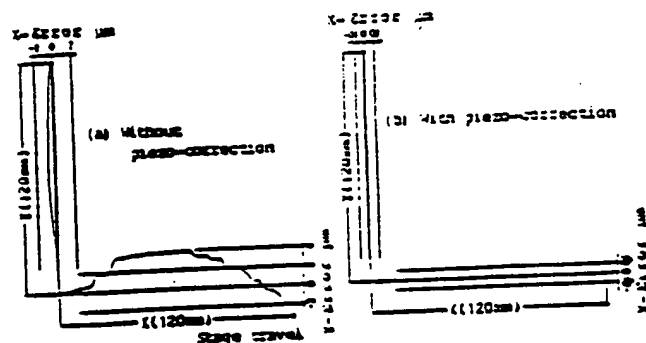
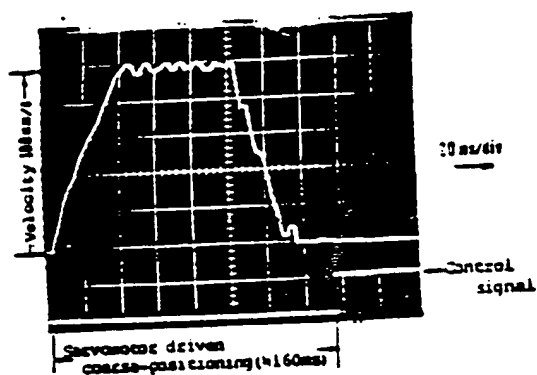


Fig. 9 Straightness error



(a) Velocity response

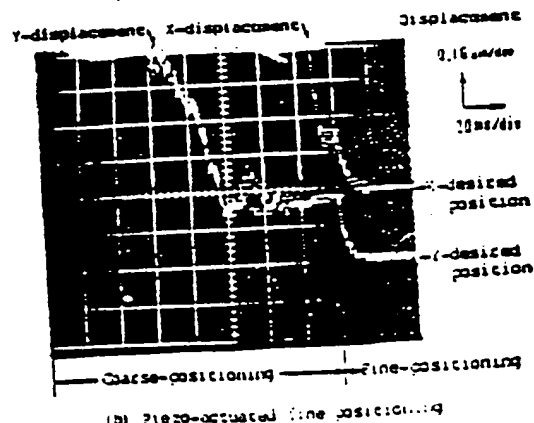


Fig. 10 Temporal responses of velocity and displacement for X-axis 10mm step

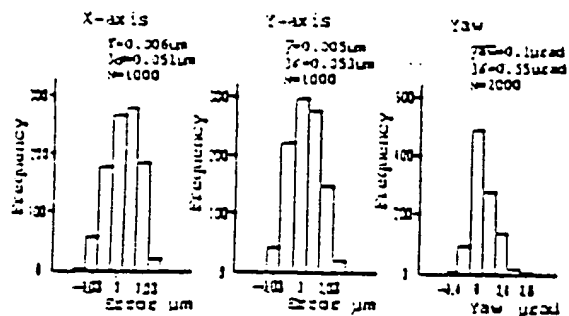


Fig. 11 Positioning error distribution

$\pm 0.05 \mu\text{m}$ (≈ 3 S.D.), and yaw is less than $0.6 \mu\text{rad}$. However, in order to discuss absolute accuracy, the measurement accuracy of the laser interferometer must be also taken into account. With respect to yaw accuracy, an additional error of $\pm 0.3 \mu\text{rad}$ (caused by the flatness error of $\lambda/20$ with the laser reflection mirror) must be considered.

The positioning accuracy of $0.05 \mu\text{m}$ is restricted mainly by the measurement resolution of the laser interferometer. Hence accuracy can be improved by adopting a more accurate measurement system. Another factor which reduces the positioning accuracy is the thermal expansion of the table. However, this new stage structure is extremely stable with respect to thermal stability, as the servo motors are located far from the table, and the piezo actuators hardly produce any heat when they are actuated.

5 Conclusions

A yaw-corrected, step-and-repeat type X-Y stage has been developed for use in semiconductor lithography systems. The results are as follows:

- (1) A novel, light-weight X-Y stage structure has been presented, where a table with PMZ slide bearing moves on an X-Y plane.

- (2) A new XYθ fine positioning mechanism was developed, where three piezo-actuators act to guide X-Y moves in addition to fine actuating function. A fine positioning resolution of greater than $0.02 \mu\text{m}$ was achieved.
- (3) The following performance was achieved with the prototype stage consists of the X-Y coarse-table and the XYθ fine-table.

Stage travel : $120 \times 120 \text{ mm}$
 Maximum slew velocity : 100 mm/s
 Positioning accuracy : $\pm 0.05 \mu\text{m}$
 Yaw : less than $1 \mu\text{rad}$
 Move time for 10 mm step: 200 ms

Thus the new stage is seen to realize improved positioning performance.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their sincere appreciation to Dr. S. Hashimoto, Central Research Laboratory of Hitachi Ltd., for his thoughtful suggestions during the course of this work.

REFERENCES

- (1) S. Moriyama, et al., Yaw-corrected Precision X-Y Stage for High-throughput Electron Beam Lithography Systems, Journal of Vacuum Science & Technology B, Vol. 3, No. 1, (1985)
- (2) S. Moriyama, et al., Development of High-speed X-Y stage, Preprint of the Japan Society of Precision Engineering, Autumn meeting of 1979, 309.
- (3) S. Moriyama, et al., Precision X-Y Stage with a Piezo-driven Fine-table, Journal of The Japan Society of Precision Engineering, 50, 4 (1984)
- (4) J.N. Paros and L. Weisbord: How to Design Flexure Hinges, Machine Design, 37, (1965) 151.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.